

明 細 書

ボールエンドミル

技術分野

- [0001] 本発明は、ボールエンドミルに関し、特に、振動を抑制することで送り速度の高速化や切込み深さの増大を可能として、その分、切削効率の向上を図ることができるボールエンドミルに関するものである。

背景技術

- [0002] 金型などの切削加工には、軸線方向先端にボール刃が設けられたボールエンドミルが多用されている。従来、このボールエンドミルでは、切削性の改善を図るべく、ボール刃がボールエンドミルの回転方向に凸となる円弧状に形成され、その曲率半径がボール刃の内周部から外周部に掛けて一定となるように構成されるのが一般的であった(例えば、特許文献1参照)。

特許文献1:実公平4-51928号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0003] ところで、近年、金型などの切削加工においては、切削作業の時間短縮が要請されている。切削作業の時間短縮、即ち、切削効率の向上を図るためには、送り速度を高速化したり切込み深さを増大することが必要となる。
- [0004] しかしながら、従来のボールエンドミルでは、曲率半径がボール刃の内周部から外周部に掛けて一定となるように構成されているため、被削材から受ける切削抵抗(切削トルク)の方向がボールエンドミルの径方向に対し一定の方向に集中してしまい、その結果、ボールエンドミルが振動してしまうという問題点があった。このため、送り速度を高速化したり切込み深さを増大することができず、切削効率の向上を図ることができなかった。
- [0005] 本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、振動を抑制することで送り速度の高速化や切込み深さの増大を可能として、その分、切削効率の向上を図ることができるボールエンドミルを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0006] この目的を解決するために請求項1記載のボールエンドミルは、軸線を回転軸として回転される円柱状の工具本体と、前記工具本体の先端側に設けられると共に回転軌跡が半球状となるボール刃とを備えるものであって、前記ボール刃は、前記軸線を始端として形成される第1刃部と、前記第1刃部の終端に接続され前記第1刃部の終端を始端として形成される第2刃部とを備え、前記第1刃部は、前記軸線方向の先端視において、前記工具本体の回転方向に凸となる第1曲率半径を有する円弧状に形成され、前記第1曲率半径が外径Dに対し $0.025D$ 以上かつ $0.10D$ 以下の範囲となるように構成され、前記第2刃部は、前記軸線方向の先端視において、前記工具本体の回転方向に凸となる第2曲率半径を有する円弧状に形成され、前記第2曲率半径が前記第1曲率半径よりも大きい曲率半径となるように構成されている。
- [0007] 請求項2記載のボールエンドミルは、請求項1記載のボールエンドミルにおいて、前記第1刃部は、前記軸線方向の先端視において、円周角が 60° 以上かつ 120° 以下の範囲となるように構成されている。

発明の効果

- [0008] 請求項1記載のボールエンドミルによれば、ボール刃に第1刃部と第2刃部とを備え、第1曲率半径と第2曲率半径とが異なる曲率半径となるように構成されているので、被削材から受けるボールエンドミルの径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を、第1刃部と第2刃部とで変化させて、ボールエンドミルの振動を抑制することができるという効果がある。
- [0009] つまり、ボールエンドミルが被削材から受ける切削抵抗(切削トルク)の方向は、そのボールエンドミルのボール刃に沿う方向、即ち、ボール刃を形成する円弧の接線方向となるため、従来のボールエンドミルのように曲率半径がボール刃の内周部から外周部にかけて一定に形成されている場合には、ボール刃の内周部と外周部とで切削抵抗(切削トルク)の方向がほとんど変化せず、ボールエンドミルが振動を起こし易かった。
- [0010] これに対し、本発明におけるボールエンドミルでは、上述したように、被削材から受ける切削抵抗(切削トルク)の方向を、第1刃部と第2刃部とで異なる方向に分散させ

ることができるので、ボールエンドミルの振動を抑制することができる。その結果、送り速度を高速化したり切込み深さを増大することができ、その分、切削効率の向上を図ることができる。

[0011] また、本発明におけるボールエンドミルは、第1曲率半径が外径Dに対し0.025D以上かつ0.10D以下の範囲となるように構成されている。ここで、第1曲率半径が外径Dに対し0.025Dよりも小さい場合には、ボールエンドミルの軸線付近において隣り合う第1刃部同士の間隙が減るため、切り屑の排出性が低下する。これに対し、本発明におけるボールエンドミルは、第1曲率半径を外径Dに対し0.025D以上とすることで、隣り合う第1刃部同士の間隙を確保し、切り屑の排出性を向上させることができるという効果がある。

[0012] 更に、第1曲率半径が外径Dに対し0.025Dよりも小さい場合には、ボールエンドミルの軸線付近において隣り合う第1刃部同士の間隙が減り、研磨工程の際に砥石が隣の第1刃部側に干渉してしまう。これに対し、本発明におけるボールエンドミルは、第1曲率半径を外径Dに対し0.025D以上とすることで、隣り合う第1刃部同士の間隙を確保し砥石の干渉を防ぐことができるという効果がある。よって、研磨工程において不必要に高精度な管理が不要となるので、ボールエンドミルの加工コストを低減することができる。

[0013] また、上述したように、砥石の干渉が発生する場合には、干渉部の形状に制限を受けてしまう(例えば、干渉部の除去に伴い強度の低下を招く)。よって、隣り合う第1刃部同士の間隙を確保することができれば干渉を防ぐことができるので、設計の自由度を高めることができるという効果がある。

[0014] 一方、第1曲率半径が外径Dに対し0.10Dよりも大きい場合には、従来のボールエンドミルのように、第1刃部に沿う接線の方法がほとんど変化しなくなるため、被削材から受けるボールエンドミルの径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方法が分散されず、ボールエンドミルが振動を起こし易くなってしまふ。これに対し、本発明におけるボールエンドミルは、第1曲率半径を外径Dに対し0.10D以下とすることで、第1刃部に沿う接線の方法を多方向に変化させて切削抵抗(切削トルク)の方法を分散させることで、ボールエンドミルの振動を抑制することができるという効果がある。

- [0015] また、第1曲率半径が外径Dに対し0.10Dよりも大きい場合には、ボールエンドミルの軸線方向に対する切込み深さを限界値0.1D(外径Dに対し10%)とすると、第1刃部のみが被削材に接触して、被削材から受けるボールエンドミルの径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を第1刃部と第2刃部とで変化させるという効果を有効に活かすことができなくなる。これに対し、本発明におけるボールエンドミルは、第1曲率半径を外径Dに対し0.10D以下とすることで、ボールエンドミルの軸線方向に対する切込み深さを限界値0.1Dとした場合でも、第1刃部と第2刃部とを被削材に接触させることができるので、被削材から受けるボールエンドミルの径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を第1刃部と第2刃部とで変化させることができるという効果がある。よって、ボールエンドミルの振動を抑制することができる。
- [0016] また、本発明におけるボールエンドミルは、ボール刃に第1刃部と第2刃部とを備え、第1曲率半径が外径Dに対し0.025D以上かつ0.10D以下の範囲となるように構成されているので、従来のボールエンドミルに比べ、第1曲率半径及び第2曲率半径をそれぞれ小さい曲率半径で構成することができ、その分、ボール刃の長さを長くすることができる。これにより、被削材とボール刃とが接触している時間が長くなり衝撃荷重を低減することができるので、ボールエンドミルの振動を抑制することができるという効果がある。
- [0017] 更に、本発明におけるボールエンドミルは、上述したように、ボール刃の長さを長くすることができるので、被削材とボール刃とが接触する面積が拡大され切削性を高めることができる。その結果、送り速度の高速化や切込み深さの増大を可能として、その分、切削効率の向上を図ることができるという効果がある。
- [0018] 具体的には、例えば、直方体(高さa、幅b、奥行きc)に形成された金属柱により金属線(直径d)を切断する際に、その金属柱の2の面(高さaと幅bとを形成する2の面)が交差する1の稜線を金属線に押圧して切断する場合に比べ、その稜線の長さ(奥行きc)を活用するように金属柱を摺動させて切断する場合は、その切断に要する時間を短縮することができる。即ち、切削性を高めることにより、切削効率を高めることができる。
- [0019] また、本発明におけるボールエンドミルは、第2刃部が第1刃部と同様にボールエン

ドミルの回転方向に凸となる円弧状に形成され、第1刃部の終端に接続されているので、切り屑をボール刃に沿って円滑に排出することができる。即ち、切り屑の排出性を向上させることができるという効果がある。

[0020] 請求項2記載のボールエンドミルによれば、請求項1記載のボールエンドミルの奏する効果に加え、第1刃部の円周角が 60° 以上かつ 120° 以下の範囲となるように構成されている。ここで、円周角が 60° よりも小さい場合には、第1刃部の始端(ボールエンドミルの軸線)から終端(第2刃部との接続部)までの長さが短くなり、第1刃部で被削材から受けるボールエンドミルの径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を分散するという効果を有効に活かすことができなくなる。これに対し、本発明におけるボールエンドミルは、円周角を 60° 以上とすることで、第1刃部の長さを長くして、切削抵抗(切削トルク)の方向を分散するという第1刃部の効果を有効に活かすことができるという効果がある。

[0021] 一方、円周角が 120° よりも大きい場合には、ボールエンドミルの軸線方向に対する切込み深さを限界値 $0.1D$ (外径 D に対し10%)とすると、第1刃部のみが被削材に接触して、被削材から受けるボールエンドミルの径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を第1刃部と第2刃部とで変化させるという効果を有効に活かすことができなくなる。これに対し、本発明におけるボールエンドミルは、円周角を 120° 以下とすることで、ボールエンドミルの軸線方向に対する切込み深さを限界値 $0.1D$ とした場合でも、第1刃部と第2刃部とを被削材に接触させることができるので、被削材から受けるボールエンドミルの径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を第1刃部と第2刃部とで変化させることができるという効果がある。よって、ボールエンドミルの振動を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1](a)は本発明の一実施の形態におけるボールエンドミルの正面図であり、(b)は(a)の矢印Ib方向視におけるボールエンドミルを拡大して示す拡大側面図である。

[図2]ボールエンドミルの先端部を模式的に示す模式図である。

[図3]切削試験に使用される被削材の側面図である。

符号の説明

| | | |
|--------|----------|----------------------|
| [0023] | 1 | ボールエンドミル |
| | 2 | 工具本体 |
| | 6a～6c | ボール刃 |
| | 6a1～6c1 | 第1刃部 |
| | 6a2～6c2 | 第2刃部 |
| | D | 外径 |
| | O | 軸線 |
| | P | 接続部(第1刃部の終端、第2刃部の始端) |
| | R1 | 第1曲率半径 |
| | R2 | 第2曲率半径 |
| | θ | 円周角 |

発明を実施するための最良の形態

[0024] 以下、本発明の好ましい実施の形態について、添付図面を参照して説明する。図1(a)は、本発明の一実施の形態におけるボールエンドミル1の正面図であり、図1(b)は、図1(a)の矢印1b方向視におけるボールエンドミル1を拡大して示す拡大側面図である。

[0025] ボールエンドミル1は、ソリッドタイプのボールエンドミルであり、その工具本体2の一端(図1の右側)を保持するホルダ(図示せず)を介してマシニングセンタ等の加工機械の回転力が伝達されて、主に、金型等の自由曲面加工を行う用途に用いられる工具である。

[0026] 工具本体2は、タングステンカーバイト(WC)等を加圧焼結した超硬合金により構成されており、その一端側(図1の右側)にはシャンク2aが円柱状に形成されている。このシャンク2aがホルダに保持されることによって、ボールエンドミル1が加工機械に取り付けられる。

[0027] 一方、工具本体2の他端側(図1の左側)には、図1(a)に示すように、刃部3が形成されている。刃部3は、切り屑排出溝4a～4cと、外周刃5a～5cと、ボール刃6a～6cと、ランド7a～7cとを主に備えており、この刃部3によって金型等の自由曲面加工が行われる。

- [0028] 切り屑排出溝4a～4cは、切削加工時の切り屑の生成、収容及び排出を行うためのものであり、ねじれを伴う3本の切り屑排出溝4a～4cがボールエンドミル1の軸線Oに対して対称に配設されている。
- [0029] 外周刃5a～5cは、工具本体2の外周側に形成される切れ刃であり、刃部3の外周側に所定の幅を有して形成されるランド7a～7cと切り屑排出溝4a～4cとが交差する各稜線部分に3枚の外周刃5a～5cがそれぞれ形成されている。
- [0030] ボール刃6a～6cは、刃部3の先端側(図1の左側)に形成され、その回転軌跡が半球状となる切れ刃である。このボール刃6a～6cは、上述した外周刃5a～5cと同様に、ランド7a～7cと切り屑排出溝4a～4cとが交差する各稜線部分にそれぞれ形成されると共に、上述した3枚の外周刃5a～5cと接続して形成されている。
- [0031] また、ボール刃6a～6cは、ボールエンドミル1の軸線O方向の先端視(図1(a)の矢印Ib方向視)において、図1(b)に示すように、外周側から軸線Oに向かって延在すると共に、ボールエンドミル1の回転方向(図1(b)の反時計回り)に凸となる円弧状に形成されている。ここで、図2を参照して、ボール刃6a～6cについて詳細に説明する。
- [0032] 図2は、ボールエンドミル1の先端部を模式的に示す模式図であり、図2(a)はボール刃6a～6cを平面投射して得られた模式図であり、図2(b)は、図2(a)を部分的に拡大したボール刃6a～6cの拡大模式図である。なお、図2(b)では、ボール刃6a～6cの外周側の図示を省略している。
- [0033] ボール刃6a～6cは、図2(a)に示すように、ボールエンドミル1の軸線Oを始端として形成される第1刃部6a1～6c1と、その第1刃部6a1～6c1の終端に接続されその接続部Pを始端として形成される第2刃部6a2～6c2とにより構成されている。
- [0034] 第1刃部6a1～6c1は、ボール刃6a～6cの内周部を構成するものであり、図2(a)に示すように、ボールエンドミル1の回転方向(図2(a)の反時計回り)に凸となる第1曲率半径R1を有する円弧状に形成されている。
- [0035] なお、第1曲率半径R1は、外径D(刃部3の一番大きい箇所の直径。但し、テーパ刃エンドミルでは小端外径における直径をいう)に対し0.025D以上かつ0.10D以下の範囲の曲率半径とすることが好ましい。ここで、第1曲率半径R1が外径Dに対し

0.025Dよりも小さい場合には、ボールエンドミル1の軸線O付近において隣り合う第1刃部6a1～6c1同士の間隙が減るため、切り屑の排出性が低下する。これに対し、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、第1曲率半径R1を外径Dに対し0.025D以上とすることで、隣り合う第1刃部6a1～6c1同士の間隙を確保し、切り屑の排出性を向上させることができる。

[0036] また、第1曲率半径R1が外径Dに対し0.025Dよりも小さい場合には、ボールエンドミル1の軸線O付近において隣り合う第1刃部6a1～6c1同士の間隙が減り、研磨工程の際に砥石が隣の第1刃部6a1～6c1側に干渉してしまう。これに対し、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、第1曲率半径R1を外径Dに対し0.025D以上とすることで、隣り合う第1刃部6a1～6c1同士の間隙を確保し砥石の干渉を防ぐことができる。よって、研磨工程において不必要に高精度な管理が不要となるので、ボールエンドミル1の加工コストを低減することができる。

[0037] また、上述したように、砥石の干渉が発生する場合には、干渉部の形状に制限を受けてしまう(例えば、干渉部の除去に伴い強度の低下を招く)。よって、隣り合う第1刃部6a1～6c1同士の間隙を確保することができれば干渉を防ぐことができるので、設計の自由度を高めることができる。

[0038] 一方、第1曲率半径R1が外径Dに対し0.10Dよりも大きい場合には、従来のボールエンドミルのように、第1刃部6a1～6c1に沿う接線の方がほとんど変化しなくなるため、被削材から受けるボールエンドミル1の径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向が分散されず、ボールエンドミル1が振動を起こし易くなってしまう。これに対し、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、第1曲率半径R1を外径Dに対し0.10D以下とすることで、第1刃部6a1～6c1に沿う接線の方を多方向に変化させて切削抵抗(切削トルク)の方向を分散させることで、ボールエンドミル1の振動を抑制することができる。

[0039] また、第1曲率半径R1が外径Dに対し0.10Dよりも大きい場合には、ボールエンドミル1の軸線O方向に対する切込み深さを限界値0.1D(外径Dに対し10%)とすると、第1刃部6a1～6c1のみが被削材に接触して、被削材から受けるボールエンドミル1の径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を、図2(b)の矢印で示すように

、第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とで変化させるという効果を有効に活かすことができなくなる。これに対し、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、第1曲率半径R1を外径Dに対し0.10D以下とすることで、ボールエンドミル1の軸線O方向に対する切込み深さを限界値0.1Dとした場合でも、第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とを被削材に接触させることができるので、被削材から受けるボールエンドミル1の径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とで変化させることができる。よって、ボールエンドミル1の振動を抑制することができる。

[0040] なお、外径Dは、1mm以上とすることが好ましい。ここで、外径Dが1mmよりも小さい場合には、ボールエンドミル1の軸線O付近において隣り合う第1刃部6a1～6c1同士の間隙が減り、研磨工程の際に砥石が隣の第1刃部6a1～6c1に干渉してしまう。これに対し、外径Dを1mm以上とすることで、隣り合う第1刃部6a1～6c1同士の間隙を確保し砥石の干渉を防ぐことができる。なお、本実施の形態では、外径Dは12mmであり、第1曲率半径R1が外径D(D=12mm)に対し0.75mm(R1=0.0625D)となるように構成され、各第1刃部6a1～6c1のそれぞれの第1曲率半径R1が全て同一の曲率半径で構成されている。

[0041] また、第1刃部6a1～6c1は、図2(a)に示すように、円周角 θ で形成されている。

[0042] なお、円周角 θ は、60°以上かつ120°以下の範囲の円周角とすることが好ましい。ここで、円周角が60°よりも小さい場合には、第1刃部6a1～6c1の始端(ボールエンドミル1の軸線O部)から終端(接続部P)までの長さが短くなり、第1刃部6a1～6c1で被削材から受けるボールエンドミル1の径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を分散するという効果を有効に活かすことができなくなる。これに対し、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、円周角を60°以上とすることで、第1刃部6a1～6c1の長さを長くして、切削抵抗(切削トルク)の方向を分散するという第1刃部6a1～6c1の効果を有効に活かすことができる。

[0043] 一方、円周角が120°よりも大きい場合には、ボールエンドミル1の軸線O方向に対する切込み深さを限界値0.1D(外径Dに対し10%)とすると、第1刃部6a1～6c1のみが被削材に接触して、被削材から受けるボールエンドミル1の径方向に対する切

削抵抗(切削トルク)の方向を、図2(b)の矢印で示すように、第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とで変化させるという効果を有効に活かすことができなくなる。

- [0044] これに対し、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、円周角を 120° 以下とすることで、ボールエンドミル1の軸線O方向に対する切込み深さを限界値 $0.1D$ とした場合でも、第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とを被削材に接触させることができるので、被削材から受けるボールエンドミル1の径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a1～6c1とで変化させることができる。よって、ボールエンドミル1の振動を抑制することができる。なお、本実施の形態では、この円周角 θ が 90° となるように構成され、各第1刃部6a1～6c1のそれぞれの円周角 θ が全て同一の円周角で構成されている。
- [0045] 第2刃部6a2～6c2は、ボール刃6a～6cの外周部を構成するものであり、図2(a)に示すように、ボールエンドミル1の回転方向(図2(a)の反時計回り)に凸となる第2曲率半径 $R2$ を有する円弧状に形成されていると共に、接続点Pにおいて第1刃部6a1～6c1が第2刃部6a2～6c2に内接されるように構成されている。
- [0046] なお、第2曲率半径 $R2$ は、外径 D に対し $0.55D$ 以上かつ $0.65D$ 以下の範囲の曲率半径とすることが好ましい。ここで、第2曲率半径 $R2$ が外径 D に対し $0.55D$ よりも小さい場合には、第2刃部6a2～6c2と外周刃5a～5cとが滑らかに連成できなくなり切り屑の排出性が低下する。これに対し、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、第2曲率半径 $R2$ を外径 D に対し $0.55D$ 以上とすることで、切り屑の排出性を向上させることができる。
- [0047] 一方、第2曲率半径 $R2$ が外径 D に対し $0.65D$ よりも大きい場合には、従来のボールエンドミルのように、第2刃部6a2～6c2に沿う接線の方がほとんど変化しなくなるため、被削材から受けるボールエンドミル1の径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向が分散されず、ボールエンドミル1が振動を起こし易くなってしまう。
- [0048] これに対し、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、第2曲率半径 $R2$ が外径 D に対し $0.65D$ 以下とすることで、第2刃部6a2～6c2に沿う接線の方向を多方向に変化させて切削抵抗(切削トルク)の方向を分散させることで、ボールエンドミル1の振動を抑制することができる。なお、本実施の形態では、第2曲率半径 $R2$ が外径 D (D

=12mm)に対し7.2mm($R2=0.60D$)となるように構成され、各第2刃部6a2～6c2のそれぞれの第2曲率半径 $R2$ が全て同一の曲率半径で構成されている。

- [0049] 次に、上述のように構成されたボールエンドミル1を用いて行った切削試験について説明する。図3は、切削試験に使用される被削材20の側面図であり、被削材20の幅方向(図3の右方向)の図示が省略されている。
- [0050] 切削試験では、ボールエンドミル1を被削材20に設けられる被切削面20aと垂直に対向させ、そのボールエンドミル1を軸線O回りに回転駆動させつつ、所定の切削条件(軸線O方向切り込み深さaa)で軸線Oと直交する方向へ移動させることにより、切削中のボールエンドミル1に発生する振動(切削抵抗)を測定する試験である。
- [0051] 切削試験の詳細諸元は、被削材20:JIS-S50C、切削油材:不使用(エアブローによる乾式切削)、使用機械:横型マシニングセンタ、主軸回転速度:4000回転/min、テーブル送り速度:1000mm/min、軸線O方向切り込み深さaa:0.5mmである。
- [0052] また、切削試験には、本実施の形態で説明したボールエンドミル1(以下、「本発明品」と称す。)と、ボール刃の曲率半径がボール刃の内周部から外周部にかけて一定に形成されているボールエンドミル(以下、「従来品」と称す。)とを用いて行った。なお、本発明品及び従来品は、どちらも同一の工具材料(超硬合金)であると共に、それらボール刃の刃数が3枚で構成されている。また、従来品は、ボールエンドミルの軸線方向の先端視におけるボール刃の曲率半径が21.6mm(本発明品における第2刃部6a2～6c2の第2曲率半径 $R2$ に対し3倍)に形成されており、3枚の切れ刃に対しその曲率半径が全て同一の曲率半径により構成されている。
- [0053] 切削試験の結果によれば、従来品は、切削抵抗(切削トルク)の方向がボールエンドミルの径方向に対し一定の方向に集中してしまうので、ボールエンドミルが振動を起こし易かった。具体的には、切削する時間を10秒間とした場合の切削トルクの平均値は180Nmとなり、その切削トルクの振れ幅は150Nm(振れ幅の最大値は230Nm)となった。
- [0054] 一方、本発明品は、切削抵抗(切削トルク)の方向をボールエンドミル1の径方向に対し多方向へ分散させることができるので、従来品に比べ、ボールエンドミル1の振

動を抑制することができることが判明した。具体的には、切削する時間を10秒間とした場合の切削トルクの平均値は140Nmとなり、その切削トルクの振れ幅は70Nm(振れ幅の最大値は100Nm)となった。

- [0055] 以上説明したように、ボールエンドミル1は、ボール刃6a～6cに第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とを備え、第1曲率半径R1と第2曲率半径R2とが異なる曲率半径となるように構成されているので、被削材20から受けるボールエンドミル1の径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を、第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とで変化させて(図2(b)参照)、ボールエンドミル1の振動を抑制することができる。
- [0056] つまり、ボールエンドミル1が被削材20から受ける切削抵抗(切削トルク)の方向は、そのボールエンドミル1のボール刃6a～6cに沿う方向、即ち、ボール刃6a～6cを形成する円弧の接線方向となるため、従来のボールエンドミルのように曲率半径がボール刃6a～6cの内周部から外周部にかけて一定に形成されている場合には、ボール刃6a～6cの内周部と外周部とで切削抵抗(切削トルク)の方向がほとんど変化せず、ボールエンドミル1が振動を起こし易かった。
- [0057] これに対し、本実施の形態におけるボールエンドミル1では、上述したように、被削材20から受ける切削抵抗(切削トルク)の方向を、第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とで異なる方向に分散させることができるので、ボールエンドミル1の振動を抑制することができる。その結果、送り速度を高速化したり切込み深さを増大することができ、その分、切削効率の向上を図ることができる。
- [0058] また、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、ボール刃6a～6cに第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とを備え、第1曲率半径R1が外径Dに対し0.025D以上かつ0.10D以下の範囲となるように構成されているので、従来のボールエンドミルに比べ、第1曲率半径R1及び第2曲率半径R2をそれぞれ小さい曲率半径で構成することができるので、その分、ボール刃6a～6cの長さを長くすることができる。これにより、被切削面20aとボール刃6a～6cとが接触している時間が長くなり衝撃荷重を低減することができるので、ボールエンドミル1の振動を抑制することができる。
- [0059] 更に、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、上述したように、ボール刃6a～6cの長さを長くすることができるので、被切削面20aとボール刃6a～6cとが接触する

面積が拡大され切削性を高めることができる。その結果、送り速度の高速化や切込み深さの増大を可能として、その分、切削効率の向上を図ることができる。

- [0060] また、本実施の形態におけるボールエンドミル1は、第2刃部6a2～6c2が第1刃部6a1～6c1と同様にボールエンドミル1の回転方向に凸となる円弧状に形成され、第1刃部6a1～6c1の終端(接続部P)に接続されているので、切り屑をボール刃6a～6cに沿って円滑に排出することができる。即ち、切り屑の排出性を向上させることができる。
- [0061] 以上、実施の形態に基づき本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に何ら限定される物ではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改良変形が可能であることは容易に推察できるものである。
- [0062] 例えば、本実施の形態では、ボールエンドミル1が3枚の切れ刃を備える3枚刃として構成されたが、必ずしもこれに限定されるものではなく、ボールエンドミル1を、例えば、2枚刃、或いは、4枚刃以上のものとして構成しても良い。この場合にも、上述した実施の形態と同様に、被削材20から受ける切削抵抗(切削トルク)の方向をボールエンドミル1の径方向に対し多方向へ分散させて、ボールエンドミル1の振動を抑制することができる。
- [0063] また、本実施の形態では、第1曲率半径R1及び第2曲率半径R2が全ての第1刃部6a1～6c1及び第2刃部6a2～6c2において同一の曲率半径により構成されたが、各第1刃部6a1～6c1及び第2刃部6a2～6c2においてそれぞれ異なる曲率半径で構成しても良い。

請求の範囲

- [1] 軸線を回転軸として回転される円柱状の工具本体と、前記工具本体の先端側に設けられると共に回転軌跡が半球状となるボール刃とを備えるボールエンドミルにおいて、
- 前記ボール刃は、前記軸線を始端として形成される第1刃部と、前記第1刃部の終端に接続され前記第1刃部の終端を始端として形成される第2刃部とを備え、
- 前記第1刃部は、前記軸線方向の先端視において、前記工具本体の回転方向に凸となる第1曲率半径を有する円弧状に形成され、前記第1曲率半径が外径Dに対し $0.025D$ 以上かつ $0.10D$ 以下の範囲となるように構成され、
- 前記第2刃部は、前記軸線方向の先端視において、前記工具本体の回転方向に凸となる第2曲率半径を有する円弧状に形成され、前記第2曲率半径が前記第1曲率半径よりも大きい曲率半径となるように構成されていることを特徴とするボールエンドミル。
- [2] 前記第1刃部は、前記軸線方向の先端視において、円周角が 60° 以上かつ 120° 以下の範囲となるように構成されていることを特徴とする請求項1記載のボールエンドミル。

要 約 書

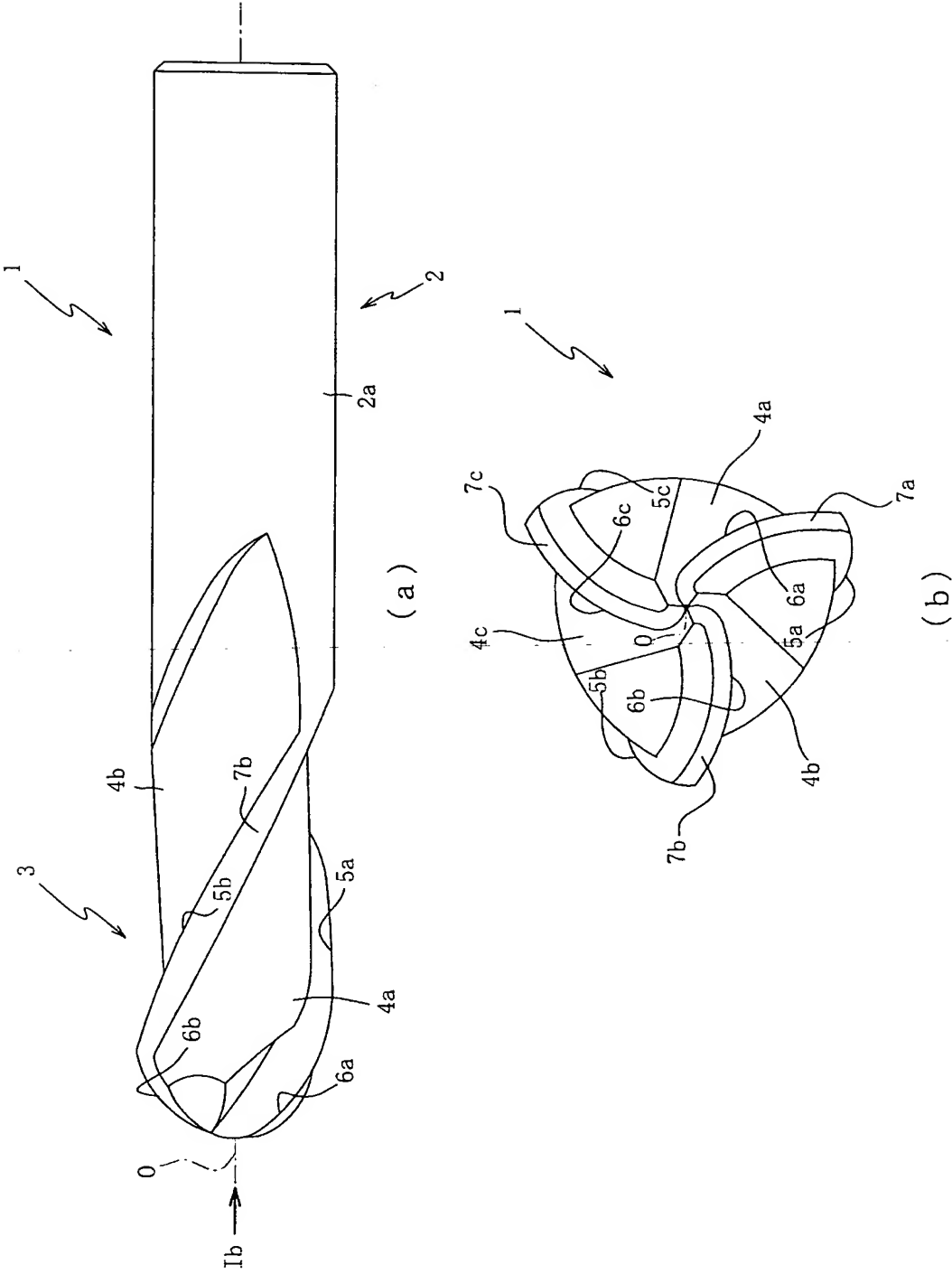
【要約】

【課題】振動を抑制することで送り速度の高速化や切込み深さの増大を可能として、その分、切削効率の向上を図ることができるボールエンドミルを提供すること。

【解決手段】ボールエンドミル1は、ボール刃6a～6cに第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とを備え、第1曲率半径R1と第2曲率半径R2とが異なる曲率半径となるように構成されているので、被削材20から受けるボールエンドミル1の径方向に対する切削抵抗(切削トルク)の方向を、第1刃部6a1～6c1と第2刃部6a2～6c2とで変化させて、ボールエンドミル1の振動を抑制することができる。その結果、送り速度を高速化したり切込み深さを増大することができ、その分、切削効率の向上を図ることができる。

【選択図】図2

[図1]



[図3]

